

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie výroby příruby a ventilu
Production Technology Proposal of Valve and
Flange

Student:

Bc. Michaela Rakowská

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michaela Rakowská**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie výroby ventilu a příruby**
Production Technology Proposal of Valve and Flange

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Návrh výroby na konvenčních strojích.
3. Návrh výroby na CNC stroji.
4. Srovnání obou variant z technologického a ekonomického hlediska.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] Studijní literatura na www.346.vsb.cz

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 11.5.2012

..... *Michaela M.*
Bc. Michaela Rakowská

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 11. 5. 2012.

.....*Michaela Rakowská*.....

Bc. Michaela Rakowská

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Michaela Rakowská

Adresa trvalého pobytu autora práce: Veřovice 482, 742 73 Veřovice

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování diplomové práce.

Také panu Martinu Lacinovi za umožnění zpracování praktické části v jeho firmě.

Poděkování patří také panu Martinu Rakowskému za pomoc při provádění praktické části práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

RAKOWSKÁ, M. *Návrh technologie výroby ventilu a příruby: diplomová práce.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 49s. Vedoucí práce: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem technologie výroby příruby a ventilu. Úvod je zaměřen na vývoj obrábění z hlediska použitých strojů. Další kapitola rozvádí použití a funkci daného ventilu s přírubou. Samostatná kapitola je věnována upínáním obrobků a návrhem nového přípravku pro upnutí ventilu. Hlavní část je zaměřena na návrh technologie výroby příruby a ventilu. Je navrženo více možností výroby pro konvenční stroje, následně pro CNC stroj. Uvedeno je i použití počítačového softwaru pro simulaci obrábění. V závěru je uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení a také srovnání způsobů výroby z technologického a ekonomického hlediska.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

RAKOWSKÁ, M. *Production Technology Proposal of Valve and Flange: Master thesis.* Ostrava: VŠB Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 49 p. Thesis head: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Master thesis describes a production technology proposal of flange and valve. The introduction is focused on the development machining from the point of view of used machines. Another chapter shows the use and function the valve with flange. An individual chapter is devoted to clamp work piece and design a new preparation for holding the valve. The main part is focused on the design technology a flanges and valves. It is suggested more options for production with a conventional machines, and then for the CNC machine. I demonstrate also the use of computer software for simulate the machining. The conclusion is shown technical and economics evaluation and also comparison method of production from the point of view of technological and economics.

Obsah

0	Úvod.....	7
1	Použití a funkce ventilu a příruby	10
2	Použité polotovary	12
2.1	Materiál polotovaru.....	13
3	Použité přípravky pro upínání ventilu	14
3.1	Návrh nového upínacího přípravku	15
4	Přípravky pro upínání nožů.....	19
5	Použité stroje.....	20
6	Návrh technologického postupu na klasických strojích	23
6.1	Návrh soustružení ventilu	23
6.2	Návrh soustružení příruby	24
6.3	Návrh operace vrtání na klasické vrtačce s použitím dělicího přístroje.....	27
6.4	Vrtání s použitím vrtací hlavy	29
6.5	Vrtání na radiální vrtačce s použitím vrtací desky	29
7	CNC obráběcí stroje a jejich řízení.....	30
8	Obrábění na CNC strojích.....	32
8.1	Programování CNC strojů	32
8.1.1	Vztažné body u číslicově řízených strojů	33
8.1.2	Struktura CNC programu	33
8.1.3	Přípravné funkce G	35
8.1.4	Pomocné funkce M	35
9	Návrh technologického postupu pro obrábění na CNC	36
10	Programování CNC pomocí CAM systémů	37
11	Konečná úprava obrobků a balení	41
12	Porovnání výroby z technologického a ekonomického hlediska.....	43
13	Závěr	46
14	Seznam použité literatury	47
15	Seznam příloh	49

Úvod

V dnešní době je nutné, aby firma uspokojila své odběratele tím, že poskytne výrobek za minimální cenu a v minimálním čase, přičemž musí minimalizovat náklady a maximalizovat zisk. Stále rostou nároky na přesnost a kvalitu jednotlivých dílů, čehož konvenční stroje nejsou schopny dosáhnout. Proto se výrobní proces automatizuje, což přispívá ke zvyšování produktivity a snižování nákladu. Zvyšuje se objem spotřebního zboží, v důsledku rozvoje nových, produktivnějších výrobních technologií a tím se odbytové možnosti na světových trzích stále komplikují a zhoršují.

Automatizace úzce souvisí s počítačovou podporou výroby. Číslicové řízení se uplatňuje ve všech oblastech výroby u obráběcích strojů, tvářecích strojů, měřících strojů, strojů pro svařování atd. Zavedení takto řízených strojů ovšem závisí na velikosti firmy, počtem a složitostí výrobků, jelikož někdy nemusí být pořízení takového stroje ekonomicky výhodné. Důležitá je také kvalifikovaná obsluha stroje a také znalost programátora, který je schopen připravit kvalitní programy pro řídicí systém těchto strojů.

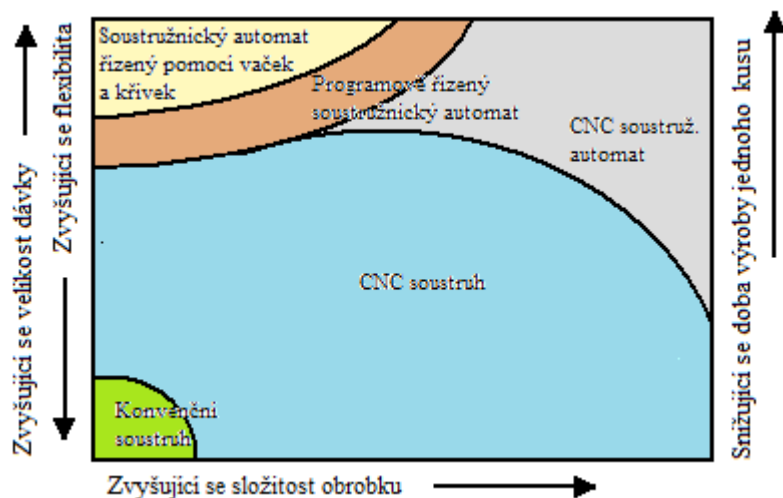
První číslicově řízené stroje byly vyvinuty na začátku padesátých let v Americe. Jsou to stroje s klasickými řídicími systémy. Tyto stroje se staly zdrojem rozvoje průmyslu, který využil všechny přínosy počítačového zpracování dat k přímému řízení výrobních strojů a mechanismů. Další vývoj nastal na počátku sedmdesátých let, kdy vznikaly stroje s počítačovými řídicími systémy. Tyto systémy provádí rychle a přesně opakovatelné činnosti, čímž nahrazují člověka a zvyšují produktivitu práce. Úspora času se odvíjí i od toho, že na těchto strojích lze provádět jednu nebo více technologických operací. Nutno říct, že se tyto stroje stále vyvíjejí a zdokonalují.

Ovšem i CNC stroje se v dnešní době nahrazují výkonnějšími HSC stroji, jelikož jeden vysokorychlostní stroj dokáže nahradit několik technicky zastaralých strojů. Tyto stroje dosahují takové úrovně produktivity, kvality a pružnosti, kterou nemůžeme s konvenčními stroji srovnávat. Pořídit si tento HSC stroj je ale nákladná investice, kterou si můžou dovolit jen úspěšní výrobci.

Tímto bych poukázala na vývoj v oblasti obráběcích strojů, jelikož do budoucna bude strojírenská výroba převážně záviset jen na počítačově generovaných datech.

V jakém poměru, a jaké typy strojů se v dnešní době používají, nám ukazuje obr. 1.

[1, 2, 3, 7]



Obrázek 1: Hospodárná oblast užití soustruhů a soustružnických automatů[1]

Výsledkem diplomové práce bude srovnání výroby příruby a ventilu na klasických strojích a těch počítačově řízených. Prací bych chtěla také ukázat, jak se obrábění neustále vyvíjí a zdokonaluje.

Zpracování je určeno pro nejmenovanou firmu, ve které probíhá výroba daných součástí na klasických strojích a do budoucna se uvažuje o přechodu na CNC.

1 Použití a funkce ventilu a příruby

Montáž ventilu provádí firma Prema service v Německu, jejíž výrobky se uplatňují ve strojírenství, stavebnictví, hornictví, potravinářském, farmaceutickém, chemickém a jiných průmyslech. Jako příklady použití lze uvést pneumatické dopravní systémy, manipulace s pigmenty, granuláty či dávkovací a navažovací systémy.

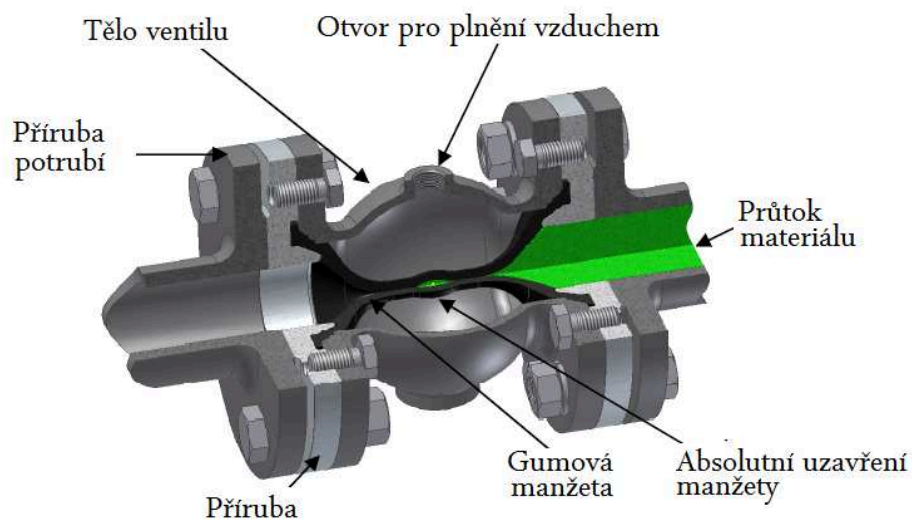
Zadaný ventil se využívá pro regulaci sypkých hmot pro sila.

Přednosti daného ventilu:

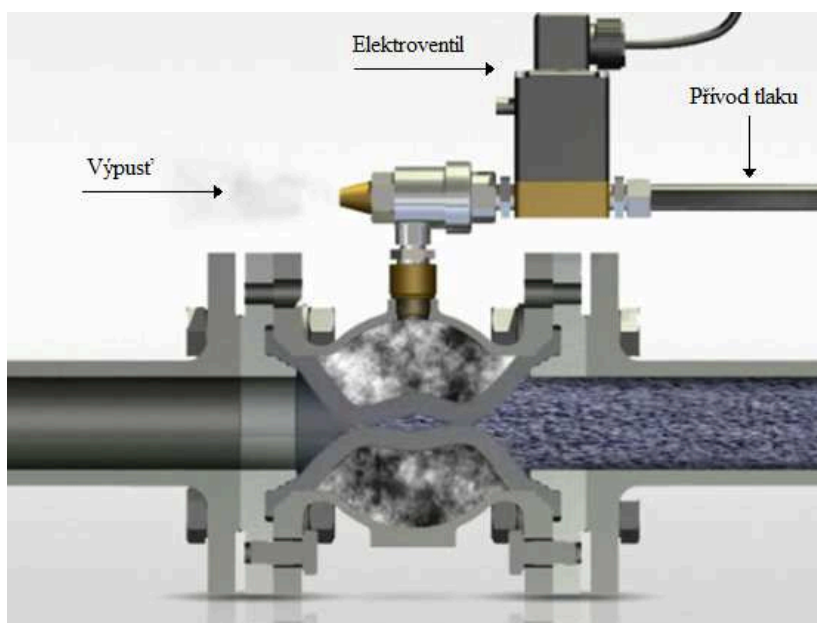
- Volný průchod produktu
- Optimální těsnost uzavření
- Minimální vnitřní odpor ventilu
- Minimální rozměry
- Nízká spotřeba vzduchu
- Nízká hmotnost
- Minimální požadavky na údržbu

Funkce ventilu spočívá v uzavření pružné manžety, která je upevněná v kovovém tělese ventilu. Manžeta je vyrobená ze speciálně abrazi odolného materiálu. Jako materiál lze použít otěruvzdorná přírodní pryž, potravinářská přírodní pryž, vysokoteplotní přírodní pryž, Nitril, EPDM, Viton, Silikon, Neopren, Hypalon či Butyl.

Pomocí tlaku vzduchu přiváděného do tělesa ventilu se manžeta stlačuje, a ventil se uzavírá (obr. 2). Tím se přeruší tok materiálu v potrubí. Maximální provozní tlak v potrubí je 2-6 bar.

**Obrázek 2: Funkce ventilu**

Jako přídatná zařízení slouží elektroventil, ovládající přísun a odvod vzduchu, kompresor, který zajistí přívod tlaku a výpusť, která nám umožní odchod vzduchu při otevření ventilu (Obr. 3).

**Obrázek 3: Příslušenství ventilu**

2 Použité polotovary

Daný polotovar, jak pro obrábění příruby tak i ventilu je vyroben technologií odléváním, poté očištěn pomocí tělísek v tryskacím boxu, obroušen a transportován na paletách či v ocelových bednách. Na obr. 4 vidíme polotovar pro ventil, na obr. 5 pro přírubu.



Obrázek 4: Odlitek ventilu



Obrázek 5: Odlitek příruby

2.1 Materiál polotovaru

Materiálem obou výrobků je šedá litina GG20 s chemickým složením dle Tab. 1. Tato litina má vysokou pevnost v tlaku, dobře se slévá, je nízkoviskózní, má malý součinitel smršťování (1%), dobrou obrobitelnost, odolnost proti korozi a dobré kluzné vlastnosti. Nevýhodou může být malá pevnost v tahu a roztažnost, také i vysoká křehkost. Tvrdost podle Brinella 205-208HB, pevnost v tahu 228-231N/mm².

Výroba této litiny podléhá normě ČSN 42 2420 - DIN 1691.

Tabulka 1: Chemické složení litiny GG20

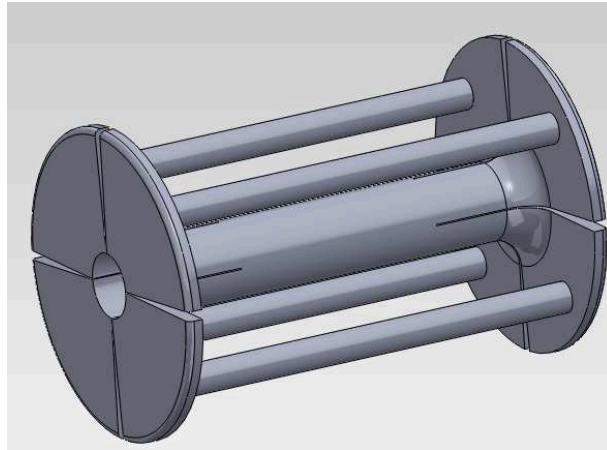
C[%]	Mn[%]	Si[%]	P[%]	S[%]
3,34	0,51	2,02	0,22	0,08

Šedá litina se používá na odlitky, kde není kladen důraz na vysokou pevnost a houževnatost. Využití nachází v automobilovém průmyslu, na umělecké odlitky, armatury, pro výrobu strojů, ve stavebním průmyslu či na výrobu radiátorů ústředního topení. V současné době je ovšem nahrazována lehkými kovy a tvárnou litinou.

[10]

3 Použité přípravky pro upínání ventilu

Tvar ventilu vyžaduje zvláštní přípravek, který obrobek vhodně upne a ustaví. Současná výroba využívá upínací přípravek na obr. 6. Pro upnutí příruby přípravek není potřeba .



Obrázek 6: Používaný přípravek

Tento přípravek je založen na principu kleštiny. Upíná se do čelistí a z druhé strany je podepřen otočným trnem koníku, který po zasunutí dovnitř roztáhne přípravek a upne ventil. Stejné ustavení obrobku při otočení pro obrobení druhé strany je zajištěno ryskou na ventilu. Upnutí přípravkem vidíme na obr. 7.

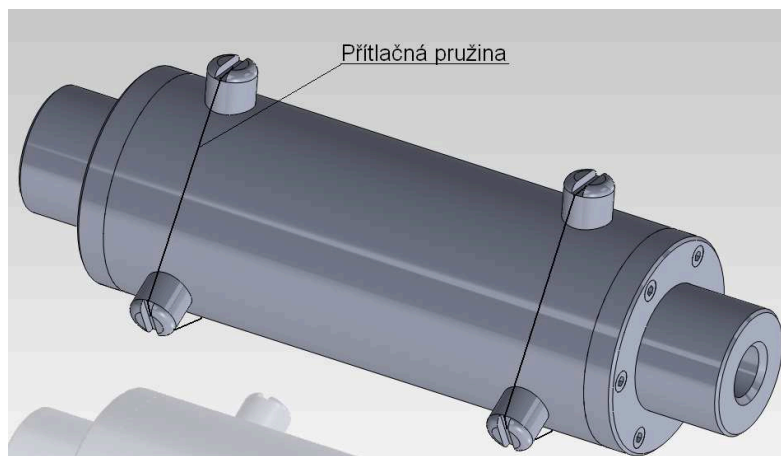


Obrázek 7: Upnutí ventilu v soustruhu

Pro obrábění na CNC je ovšem přípravek nevyhovující, navrhuji proto nový.

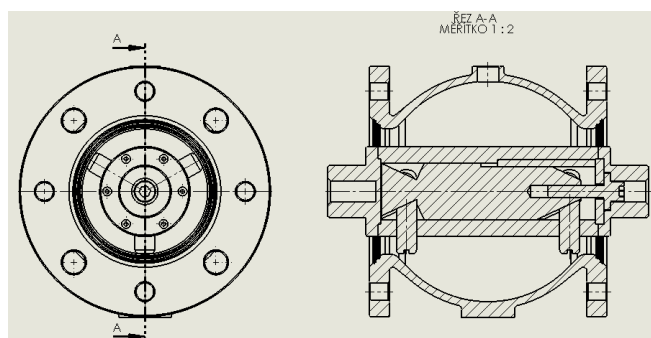
3.1 Návrh nového upínacího přípravku

Návrh nového přípravku by měl být přizpůsoben použití na CNC stroji, na kterém zhotovíme celé obrobení ventilu. Smontovaný přípravek vidíme na obr. 8.



Obrázek 8: Návrh upínacího přípravku

Přípravek je tvořen tělem, ve kterém je 6 otvorů pro čepy, které nám zajistí upnutí ventilu v 6-ti bodech. Čepy jsou na spodní straně oplošeny, aby byla zajištěna jejich poloha v drážce v těle s kužely, a neotáčely se. Z vnější strany jsou zajištěny pružinou, která zajistí čepy proti vypadnutí z těla. Tělo s kužely obsahuje dva kužely se stejnou kuželovitostí. Na každém kuželu jsou tři drážky, které tvoří dráhu posunutí čepů. Posunutí kuželů v těle je dáno otáčením šroubu s vnitřním šestihranem a osazením. V těle s kužely a základním tělese je zhotovena drážka pro zajištění aretace. Upnutí do soustruhu nám zajistí příruby. Délka čepů musí být taková, aby bylo možné přípravek do ventilu nasunout (Obr. 9).



Obrázek 9: Poloha přípravku ve ventilu (poloha čepů při vsunutí do ventilu)

Ustavením obrobku rozumíme zařazení obrobku do jednoznačné, požadované polohy na příslušném zařízení. Správně ustavené obrobky nám zaručí dodržet tolerance na výkrese. Při plném ustavení odebereme obrobku všechny stupně volnosti. Přípravek upínáme z jedné strany do čelistí a z druhé podepřeme otočným hrotem koníku.

Musíme ověřit, zda navrhovaná velikost šroubu bude dostatečná. To zjistíme, vypočteme-li sílu F_0 , která působí na kuželové těleso. Nejprve spočteme sílu od obrábění, a to násobením průřezu třísky a měrného řezného odporu (4.1.2). Měrný řezný odpor pro litinu a daný posuv vyhledám v tabulkách. Průřez třísky získám násobením posuvu a hloubky řezu (4.1.1).

Zadané hodnoty: $a_p=2,5\text{mm}$, $f=0,2\text{mm/ot}$, $p=1100\text{MPa}$

$$S = a_p \cdot f = 2,5 \cdot 0,2 = 0,5\text{mm}^2 \quad (4.1.1)$$

$$F_z = p \cdot S = 1100 \cdot 0,5 = 550\text{N} \quad (4.1.2)$$

Dále počítáme sílu výpočetní F_{vp} , která je násobkem složky hlavní řezné síly F_z a koeficientu rázového a bezpečnostního součinitele (4.1.3). Tato síla působí na obvod obrobku. Rázový součinitel pro operaci soustružení je $q_1=1,2$. Hodnota bezpečnostního součinitele se dosazuje, jen když je obrobek upnut silově, nebo silově a tvarově. Jeho hodnota je $q_2=2$.

[9]

$$F_{vp} = q_1 \cdot q_2 \cdot F_z = 1,2 \cdot 2 \cdot 550 = 1320\text{N} \quad (4.1.3)$$

Pro výpočet síly v místě dotyku upínacího čepu s obrobkem vycházím z rovnosti momentů (4.1.4). Sílu nazvu F_x . Upínací sílu získáme, pokud F_x vydělíme koeficientem tření μ (4.1.5).

D ..průměr obrobku $D=200\text{mm}$

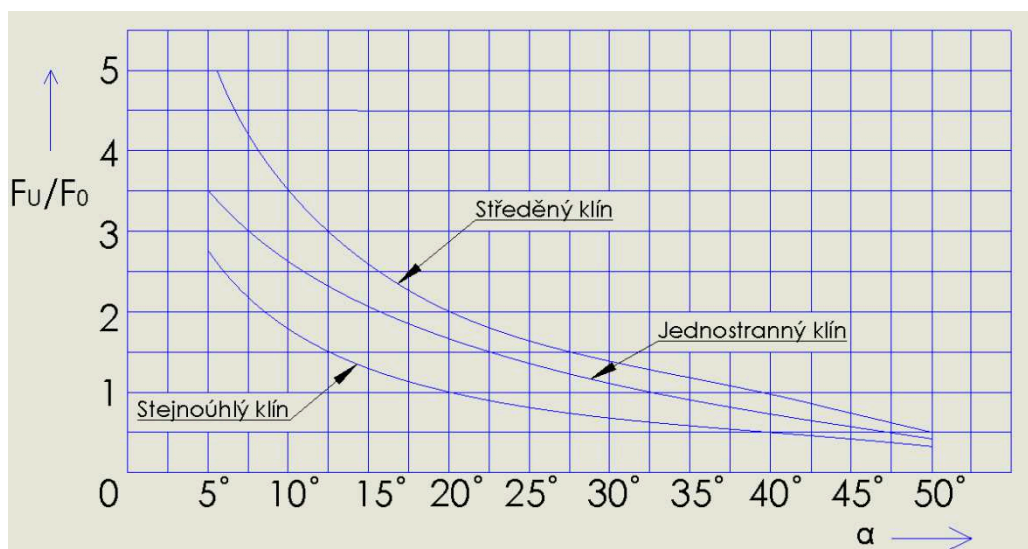
D_ϵ ...průměr v místě dotyku čepu s obrobkem $D_\epsilon=110\text{mm}$

$$F_{vp} \cdot \frac{D}{2} = F_x \cdot \frac{D_{\check{c}}}{2} \rightarrow F_x = \frac{F_{vp} \cdot \frac{D}{2}}{\frac{D_{\check{c}}}{2}} = \frac{1320 \cdot 100}{55} = 2400N$$

(4.1.4)

$$F_u = \frac{F_x}{\mu} = \frac{2400}{0,3} = 8000N$$

(4.1.5)

Graf 1: Změny převodu f_0/F_u v závislosti na změně úkosu klínu [9]

Z diagramu (graf. 1) odečtu hodnotu $\frac{F_u}{F_0}$. Středěnému klínu úhlu 25° odpovídá hodnota asi 1,7. Ze získaného poměru vypočtu osovou sílu F_0 (4.1.6).

$$F_0 = \frac{F_u}{1,7} = \frac{8000}{1,7} = 4705,9N$$

(4.1.6)

Pro výpočet utahovacího momentu potřebujeme vypočítat třecí úhel φ' (4.1.7) a úhel stoupání závitu γ (4.1.8).

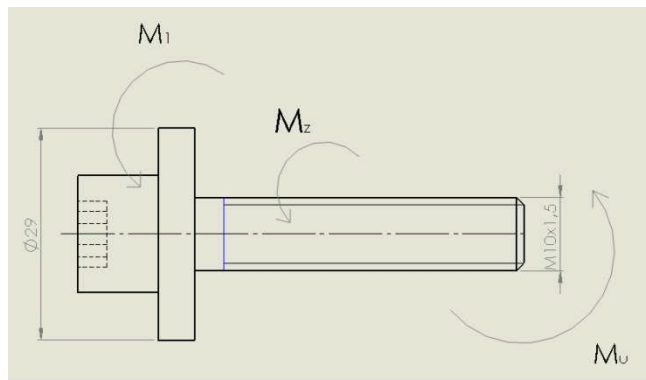
$$\varphi' = \arctg \frac{f_2}{\cos \frac{\beta}{2}} = \arctg \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 9,8^\circ$$

(4.1.7)

$$\gamma = \arctg \frac{p}{\pi \cdot d_2} = \frac{1,5}{\pi \cdot 9,026} = 3^\circ$$

(4.1.8)

Výpočet utahovacího momentu šroubu vypočteme z rovností momentu:



Obrázek 10: Výpočet utahovacího momentu

$$M_u = M_1 + M_z = \frac{f_3 \cdot F_0 \cdot d_c}{2} + F_0 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 4705,9 \cdot 29}{2} + 4705,9 \cdot \operatorname{tg}(9,8 + 3) \cdot \frac{9,026}{2} = 11,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(4.1.9)

Provedeme pevnostní výpočet:

Vycházíme z podmínky $\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_d$

$$\sigma_d = \frac{F_0}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4705,9}{\frac{\pi \cdot 8,160^2}{4}} = 89,9 \text{ Mpa}$$

(4.1.10)

$$\tau = \frac{F_0 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{4705,9 \cdot \operatorname{tg}(9,8 + 3) \cdot \frac{9,026}{2}}{\frac{\pi \cdot 8,16^3}{16}} = 45,2 \text{ MPa}$$

(4.1.11)

Dosadíme do podmínky: $\sigma_{red} = \sqrt{89,9^2 + 4 \cdot 45,2^2} = 127,5 \text{ MPa}$

σ_d pro materiál 16420 je asi 450MPa $\rightarrow 127,5 < 450$

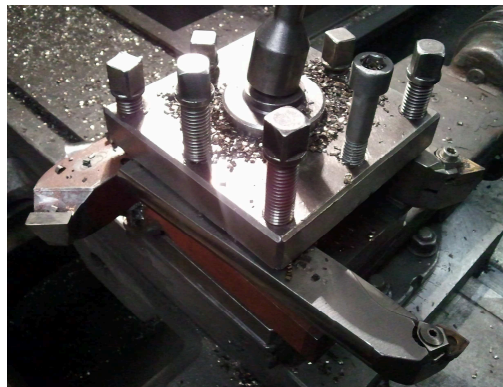
[9]

Z výpočtů nám vyplývá, že navržený šroub vyhovuje.

4 Přípravky pro upínání nožů

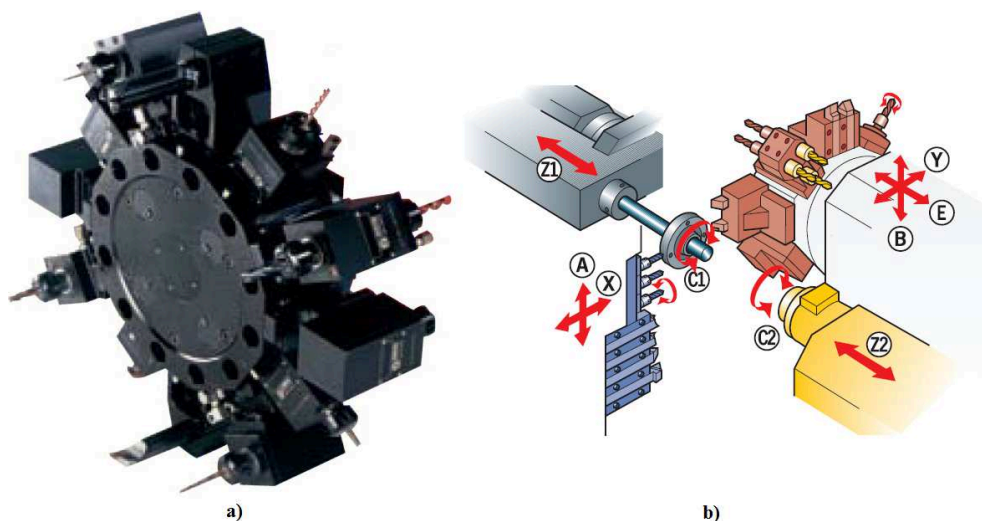
Upnutí nástrojů musí být spolehlivé, jednoznačné a rychlé. Systémy výměny nástrojů mohou být se zásobníky či s výměnou celých vřeten.

Pro upnutí nožů na klasickém soustruhu použijeme otočnou nožovou hlavu (Obr. 11). V tomto přípravku jsou nože upnuty jednotlivě v nožových držácích. Naráz se dá upnout až 4 nože. Změna nože je dána jednoduchým otočením hlavy pomocí klíče.



Obrázek 11: Použitá nožová hlava pro klasický soustruh

Otočné nástrojové hlavy u CNC strojů mohou být s vodorovnou, svislou či šikmou osou. Pokud chceme celé obrobení ventilu zhotovit na jednom stroji, potřebujeme takové upnutí nástroje, které dovolí axiální i radiální posuv nástroje. K tomu nám poslouží univerzální nástrojové hlavy (Obr. 12-a), které dovolují pohyb nástroje ve více osách (Obr. 12-b).



Obrázek 12: a)nožová hlava b)kinematika pohybu

5 Použité stroje

Na volbu obráběcího stroje má vliv druh obrábění, počet obráběných součástí, rozměry stroje, výkon, cena a mnoho dalších. Limitem pro danou práci je ovšem vybavenost firmy.

Rotační plochy ventilu i příruby zhotovíme soustružením na soustruhu. Pro konvenční obrábění byl použit hrotový soustruh značky TOS SUI40 (Obr. 13) s parametry, které vidíme v tabulce 2.



Obrázek 13: Použitý konvenční obráběcí stroj

Tabulka 2: Vybrané parametry obráběcího stroje

Jmenovitý oběžný průměr	400mm
Vzdálenost hrotů	1000mm
Počet stupňů otáček	18
Rozsah otáček	14-2240 ot/min
Celkový příkon stroje	12,4kVA
Výkon elektromotoru hl. pohonu	7,5kVA

Otvory pro sešroubování příruby, i otvor pro přívod vzduchu zhotovíme klasicky na vrtačce. Pro současný technologický postup je používána stolní sloupová vrtačka V 20 (Obr. 14) s parametry v tabulce 3.



Obrázek 14: Použitá vrtačka

Tabulka 3: Parametry vrtačky

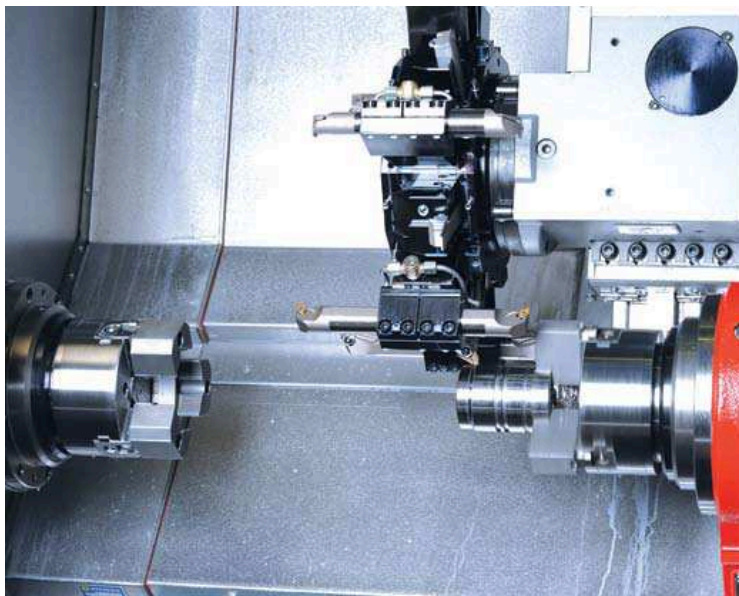
Průměr vrtání	20mm
Vrtací hloubka	160mm
Kužel ve vřetenu	Morse 3
Upínací plocha základní desky	280x335mm
Otáčky vřetena	71-280 ot/min
Elektromotor	1,6kW

Pro CNC obrábění volím tříosý soustruh MAS 280 MC (Obr. 15). Tento stroj má možnost upnutí poháněných nástrojů a řízenou osu C. Valivé vedení dává strojům vysokou přesnost polohování. Volitelně použitelné jsou moderní řídicí systémy SINUMERIK 840D sl, GE FANUC 0i či GE FANUC 30i. Vyznačují se snadnou obsluhou a integrovaným dílenským programováním.



Obrázek 15 : CNC soustruh[11]

Následující obrázek (Obr. 16) ukazuje vnitřní prostor stroje, kde se nachází dvě vřetena, které jsou využity při obrábění zadaných součástí. Parametry stroje vyčteme z tabulky 4.



Obrázek 16: Vnitřní prostor stroje[11]

Tabulka 4: Vybrané parametry CNC soustruhu MAS 280 MC[11]

Oběžný průměr nad ložem	570mm
Max. obráběný průměr	280mm
Max. obráběná délka	535mm
Max. otáčky nástrojového vřetena	5000ot/min
Max. otáčky	6000ot/min
Výkon	16,8kW


6 Návrh technologického postupu na klasických strojích

Technologickým postupem rozumíme sled operací, které nám zajistí zhotovení součásti dle zadaného výkresu. Pro jeho návrh musíme vzít v úvahu dostupnou a vhodnou techniku. Výrobní postup je ovlivňován mnoha činiteli, které vedou k různým požadavkům. Řešení těchto požadavků musí vést k vytvoření optimálního výrobního postupu. Operace jsou voleny v takovém sledu, aby postup zajišťoval technické podmínky obsažené ve výrobním výkrese. Musí se přitom dodržet nejmenších výrobních nákladů a vysoká produktivita při nejkratším pracovním čase a nejmenší spotřebě práce, materiálu a energie. Existuje několik možností řešení.

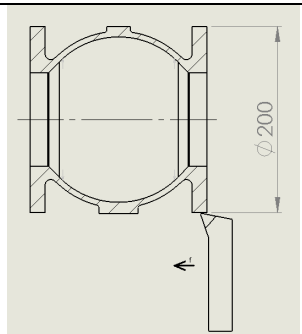
6.1 Návrh soustružení ventilu

Parametry obrábění na soustruhu: $f=0,2\text{mm/ot}$, $a_p=2,5\text{mm}$, $n=355\text{ot/min}$

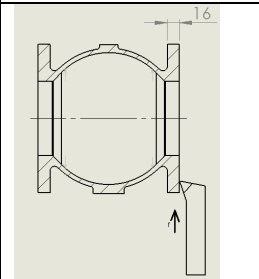
1. Upnutí polotovaru pomocí přípravku.

Polotovar:	Poznámka:
	<p>Pro upnutí ventilu použijeme přípravek.</p> <p>V současné době se používá přípravek na principu kleštiny popsán v dřívější kapitole.</p>

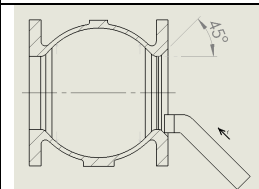
2. Soustružení $\phi 200\text{mm}$

Schéma:	Poznámka:
	<p>Obrábíme pro současný přípravek na upnutí, jelikož po otočení obrobku za tuto část upínáme.</p> <p>Pro nově navrhnutý přípravek tuto operaci můžeme vynechat, plocha není funkční, může být odlitá, dle zákazníka.</p> <p>Použitý nůž: ISCAR MT JNR25x25-22W s mechanicky upnutou VBD TNMG 220412-MM Corokey (firma Sandvik) dále NŮŽ 1</p>

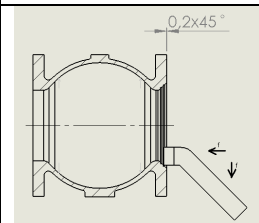
3. Soustružení čela

Schéma:	Poznámka:
	Použitý nůž: NŮŽ 1

4. Soustružení zkosení

Schéma:	Poznámka:
	Výměna nože otočením nožové hlavy. Nůž pod úhlem 45°. Použitý nůž: Ubírací ohnutý 25x25 140 12 dále NŮŽ 2

5. Soustružení zápichů


Schéma:	Poznámka:
	Zkosit hranu 0,2x45°. Soustružit zápichy. Použitý nůž: NŮŽ 2

6. Otočení obrobku, opakujeme operaci 2-5.

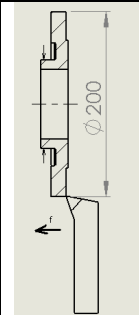
6.2 Návrh soustružení příruby

Parametry obrábění na soustruhu: $f=0,2\text{mm/ot}$, $a_p=2,5\text{mm}$, $n=355\text{ot/min}$

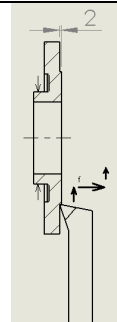
1. Upnutí polotovaru

Polotovar:	Poznámka:
	Polotovar příruby upneme do sklíčidla soustruhu.

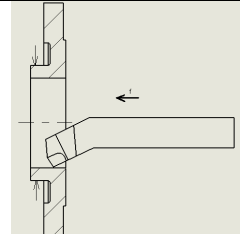
2. Soustružení $\varnothing 200\text{mm}$

Polotovár:	Poznámka:
	<p>Soustružení $\varnothing 200\text{mm}$, soustružíme z důvodu upnutí po otočení obrobku. Plocha není funkční, může být odlitá, dle zákazníka.</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 1</p>

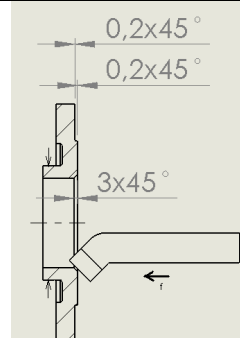
3. Soustružení čela

Schéma:	Poznámka:
	<p>Soustružit čelo.</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 1</p>

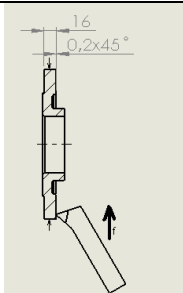
4. Soustružení vnitřního otvoru

Schéma:	Poznámka:
	<p>Výměna nože otočením nožové hlavy.</p> <p>Použitý nůž: Ubírací nůž vnitřní 25x25 300 10 dále NŮŽ 3</p>

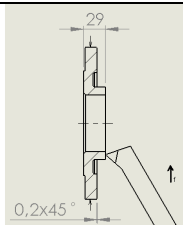
5. Soustružení zkosení

Schéma:	Poznámka:
	<p>Výměna nože otočením nožové hlavy.</p> <p>Zkosit hranu $3 \times 45^\circ$.</p> <p>Zkosit hranu $0,2 \times 45^\circ$ (2x).</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 2</p>

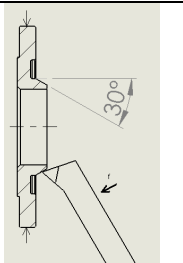
6. Otočit obrobek, soustružit čelo

Schéma:	Poznámka:
	<p>Soustružit čelo. Zkosit hranu 0,2x45°.</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 1 Nůž natočen pod úhlem 30°</p>

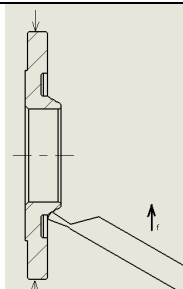
7. Soustružit čelo

Schéma:	Poznámka:
	<p>Zkosit hranu 0,2x45°. Soustružit čelo.</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 1</p>

8. Soustružit zkosení

Schéma:	Poznámka:
	<p>Zkosit hranu pod úhlem 30°.</p> <p>Použitý nůž: NŮŽ 1</p>

9. Soustružit zápich


Schéma:	Poznámka:
	<p>Soustružit zápich (2x).</p> <p>Použitý nůž: Soustružnický nůž zapichovací 20x12 125 16 5</p>

6.3 Návrh operace vrtání na klasické vrtačce s použitím dělicího přístroje

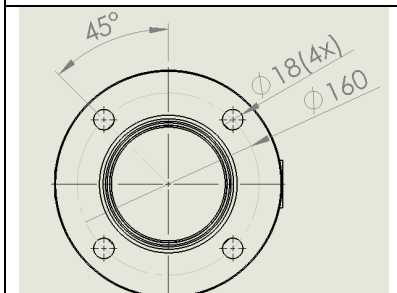
Pro upnutí obrobku se používá univerzální dělicí přístroj, kde využijeme úhlového dělení, při kterém se obrobek otáčí kolem své osy. Možnosti vrtání platí jak pro ventil, tak pro přírubu.

Parametry vrtání: $f=0,2\text{mm}$, $n=710\text{ot.min}^{-1}$

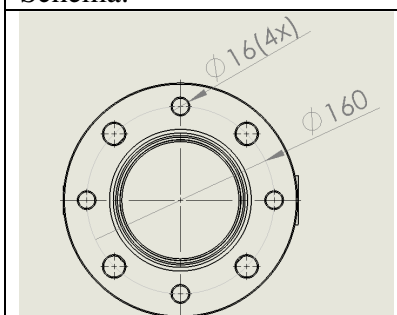
1. Upnutí na vrtačku

Upnutí na vrtačku:	Poznámka:
	Obrobek upínáme na vrtačku pomocí univerzálního dělicího přístroje.

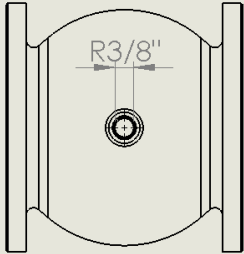
2. Vrtat díry

Schéma:	Poznámka:
	Postupné vrtání děr $\varnothing 18$, vždy pootočit obrobek o 90° . Sražení hran $0,5 \times 45^\circ$. Použitý nástroj: Vícetupňový vrták $\varnothing 18$.

3. Vrtat díry

Schéma:	Poznámka:
	Postupné vrtání děr $\varnothing 16$, vždy pootočit obrobek o 90° . Sražení hran $0,5 \times 45^\circ$. Použitý nástroj: Vícetupňový vrták $\varnothing 16$. U příruby vrtat závit.

4. Vrtání závitu

Schéma:	Poznámka:
	<p>Upnutí pomocí speciálního přípravku.</p> <p>Vrtání díry $\varnothing 15$, následně vrtat závit R3/8“</p> <p>Použitý nástroj: Dvoustupňový vrták $\varnothing 15$ (obsahuje záhlubník pro oplošení nálitku). Závitník G3/8“ Pro vrtání závitu použít řezný olej.</p>

Současně se využívá více vrtaček, přičemž na první se zhotovují díry v přírubě, na druhé se vrtá otvor pro plnění vzduchem a na třetí je připevněn závitník pro vrtání závitu (Obr. 17). Tímto se odpadá čas, potřebný na výměnu nástroje.



Obrázek 17: Pracoviště vrtání

6.4 Vrtání s použitím vrtací hlavy

Použitím vrtací hlavy (obr. 18) proces urychlíme, jelikož všechny otvory můžeme vrtat najednou. Výhodou je přesnost, produktivita a možnost použití hlavy na klasické vrtačce. Nevýhodou použití je ovšem nákladná pořizovací cena, složitá manipulace a upínání. V dnešní době se tyto hlavy používají jen při velkosériové výrobě.

Principem je rozvod kroutícího momentu pomocí rozvodného kola na jednotlivé vrtací vřetena.



Obrázek 18: Ukázka vrtací hlavy

[12]

6.5 Vrtání na radiální vrtačce s použitím vrtací desky

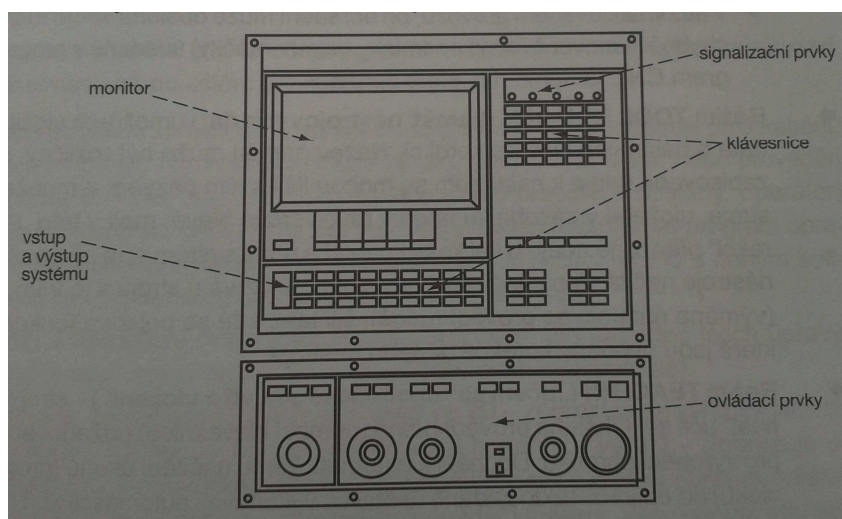
Další možností vrtání je použít radiální vrtačku. Tento způsob se liší tím, že po každém vyvrtaném otvoru nemusím obrobek otáčet, jelikož se na správnou polohu otvoru přemísťuje vrták. Kromě CNC obrábění je vrtání v přípravku jedna z nejrozšířenějších metod. Při vrtání normálním vrtákem je vhodné používat procesní kapalinu (emulzi) i na litinu, což z hlediska ekologie není vhodné.

Všechny metody vyžadují upínací přípravek nebo upínací přípravky. Přípravek určený pro radiální vrtačku musí být dále doplněn o vrtací desku s kalenými pouzdry. Přípravek je nutné uchytit na dělicí stůl, tak aby bylo možné vrtat ze třech požadovaných stran obrobku. Realizace přípravku, který by vycházel jen z výkresově obrobených ploch je sice možná, ale jeho konstrukce je složitější a pro manipulaci s obrobkem při jeho upínání nevhodná.

7 CNC obráběcí stroje a jejich řízení

Tyto stroje jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí je uskutečněno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Zkratka CNC znamená Computerized Numerical Control, v překladu číslíkové řízení počítačem. Na rozdíl od NC strojů jsou řídicí systémy těchto strojů vybaveny volně programovatelným mikropočítačem, který provádí se vstupními daty výpočty a řídí stroj. Je tedy možno generovat dráhy jako paraboly či křivky vyšších řádů, realizuje se také kruhová interpolace v prostoru. Pro zpracování technologické operace se u CNC systémů využívá PLC, z anglického Programmable Logic Controller, programovatelný automat.

Od klasických strojů jsou ty číslíkově řízené rozeznatelné již na první pohled. CNC stroje obsahují průmyslový počítač s nahraným řídicím systémem, který je dán obrazovkou a řídicím panelem (Obr. 19). Řídicí panel může být i přenosný, umožní tak obsluhu přejít do míst, která poskytnou lepší vizuální kontrolu.



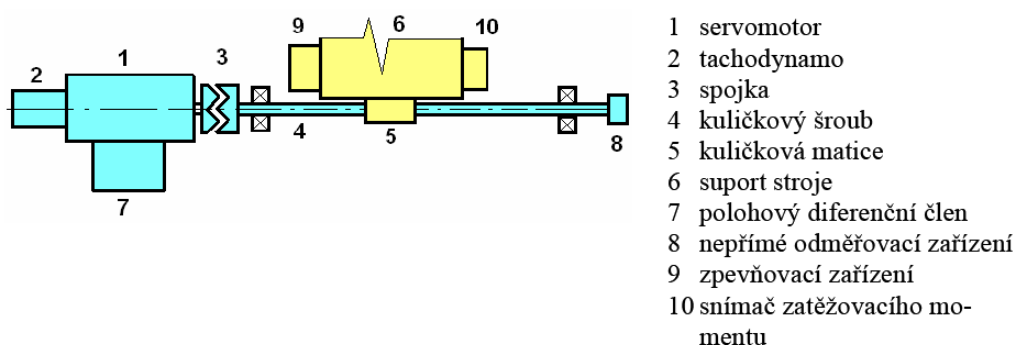
Obrázek 19: Řídicí panel CNC stroje-ukázka z mnoha provedení[17]

Panel obsahuje část pro vstupní data, tzv. část alfanumerická, pomocí níž se program zapisuje ručně. Speciální částí je ovládání stroje, pomocí níž pohybuje nástrojem či obrobkem, spouštíme otáčky vřetene a pod. Panel obsahuje i volbu režimu práce, kde je na výběr ruční či automatický režim, dílenské programování atd. Ke kontrole prováděných činností slouží obrazovka.

[17]

Pohon jednotlivých pohybových mechanismů je dán řízeným servopohonem, který umožňuje pohyb po určité dráze, určitou rychlostí, do přesné polohy. Mechanismy mohou konat jeden nebo více pohybů v různých osách, přičemž pohyb může být lineární nebo otáčivý. Princip pohybu je v signálu, zpracovaném řídicí jednotkou, která dává příkaz servomotoru. Kontrolu vykonání příkazu provádí měřící člen, senzor, který potvrzuje vykonání činnosti servomotoru, který potom může vykonat další instrukci. Součástí pohonu bývá elektromagnetická brzda, která má v co nejkratším čase zabrzdit vřetenou. Součástí systému může být i regulační obvod, který vyhodnocuje průběh řezného procesu a v závislosti na zatížení upravuje řezné podmínky. Schéma ukazuje obr. 20.

[5]



Obrázek 20: Konstrukční uspořádání polohového servomechanizmu[17]

Výhodou těchto strojů je jejich pružnost, jelikož jsou přizpůsobitelné jiné, obdobné výrobě. CNC stroje je možno uplatnit ve všech oblastech strojírenské výroby.

8 Obrábění na CNC strojích

Číslicově řízené obráběcí stroje opracovávají součásti některou z technologií obrábění, např. soustružení, vrtání, frézování... Činnosti těchto strojů jsou řízeny zadáváním povelů v číselné podobě z počítačového programu, jsou tedy řízeny automaticky.

Obrábění na těchto strojích má podobný sled činností jako na konvenčním stroji. Ovšem na konvenčních strojích je potřeba obsluha stroje, která jednotlivé činnosti vykonává. U CNC strojů jsou činnosti obsluhy jako např. výměna nástroje, změna řezných podmínek, vykonávány automaticky strojem. Většina operací či celý výrobní proces může probíhat bez zásahu obsluhy, což může přinést snížení počtu chyb či zkrácení času výroby. Důležitá je také přesnost výrobků, která závisí na kvalitě programu. U CNC je výhodou, že můžeme provádět úpravy programu i v průběhu jeho používání.

Koncentraci různých operací při jednom upnutí obráběné součásti nám umožňují obráběcí centra. Využívá se automatická výměna nástrojů, kontrola rozměru obrobku, či polohy nástrojů, výměna obrobku. Obráběcí centra, tedy CNC obráběcí stroje, mají zásobník nástrojů s automatickou výměnou, a mohou být vybavena měřicími sondami pro měření nástroje nebo pro kontrolu rozměrů nástroje. Použití takového stroje zvýší produktivitu práce, zkrátí průběžné doby výroby součásti, sníží nároky na přípravky a výrobní pomůcky, zvýší přesnost obrábění a zjednoduší řízení výrobního procesu.

[5]

8.1 Programování CNC strojů

U CNC stroje musí být proveden veškerý plán postupu výroby před vlastním obráběním. Každý krok obrábění musí být naprogramován. Programování je zařazováno do technické přípravy výroby. Ve spojení se systémy CAD/CAM (viz další kapitola) lze dosáhnout vysoké kvality a přesnosti obráběných dílů.

Struktura programu pro CNC je mezinárodně normalizována.

8.1.1 Vztažné body u číslicově řízených strojů

Pro určení polohy obrobku a polohy nástroje v souřadné sestavě stroje, musí být k dispozici příslušné definované body. Podle použití mají body své názvy.

Výrobce určuje nulový bod stroje M. Ten je počátkem souřadnicové soustavy stroje a nemůže být měněn.

Pro výchozí polohu nástroje je nutno znát referenční bod R. Je to pevný bod, na který je stroj schopen automaticky najet a jehož poloha vzhledem k nulovému bodu stroje je systémem známa. Po zapnutí stroje je nutno zadat najetí referenčního bodu, čímž se přesně stanoví poloha stroje s odměřovacím systémem.

Volně nastavitelný je nulový bod obrobku W, který volíme s ohledem na kótování obrobku na výkrese a vyplývá z možností stroje.

Programátorem je stanovený i výchozí bod programu C, který se volí v místě mimo součást, a slouží např. pro výměnu nástroje.

[5, 13]

8.1.2 Struktura CNC programu

Každý CNC program musí obsahovat geometrické informace, které udávají např. způsob pohybu a dráhu nástroje, a technologické informace, jako např. velikost posuvu, otáčky vřetena, výměnu nástroje či konec programu.

Při programování používáme kartézskou soustavu, tedy tříosou soustavu pravoúhlých souřadnic označovaných X, Y, Z. Soustava je orientovaná tak, aby byly osy rovnoběžné s vodíci plochami stroje.

Program zadáváme pomocí klávesnice přímo na stroji. Obrábění se skládá z kroků. Každý krok představuje větu programu. Tyto věty jsou čteny a zpracovány, výsledkem jsou pohyby nástroje a technologické funkce.

Věta se skládá ze slov, přičemž každé slovo se skládá z adresné části tvořené jedním písmenem a významové části tvořené posloupností číslic.

Dle ČSN 20 0670 (ISO 6983) může věta programu vypadat jak ukazuje tabulka 5.

Tabulka 5: Věta programu

PŘÍKLAD				NÁZEV
N 40 G 00 X 100 Z-50				Blok (věta)
N 40	G 00	X 100	Z-50	Příkaz (slovo)
N	G	X	Z	adresa
40		00		Významová část
100		50		Rozměrová část

[1, 18, 17]

Slova jednoho bloku jsou uspořádána v pořadí:

N G X Y Z F S T M, kde N je název bloku, G přípravné funkce, X Y Z F S rozměrové funkce, T nástrojové funkce a M pomocné funkce. Délka bloku je proměnná, protože v něm nemusí být obsažena všechna slova.

[15]

Programování může být absolutní (G90) nebo přírůstkové (G91).

U absolutního se vychází vždy z nulového bodu obrobku. Zadáváme souřadnice, na které se nástroj pohybuje ve vztahu k nulovému bodu. U přírůstkového zadáváme rozměry o jakou hodnotu a v jakém směru se nástroj přesune z výchozího bodu. Přírůstkové programování může mít ovšem proti absolutnímu nevýhody, jako např. sčítání chyb a nepřesností během celého řetězce přírůstků.

[1, 14]

NC program začíná číslem programu, pod kterým bývá z pravidla i uložen. Dále se nastaví nulový bod obrobku, nástroj, jeho korekce, poté řezné podmínky a roztočení vřetena. V další části je popis geometrie drah řezů, tedy vlastní obrábění. Program se ukončí funkcí M30.

8.1.3 Přípravné funkce G

Geometrické funkce tvoří v podstatě geometrickou část programu. Určují, za jakých podmínek se bude provádět relativní pohyb nástroje a obrobku. Funkce jsou dány normou ČSN 20 0670. Vybrané funkce ukazuje tabulka 6.

[1]

Tabulka 6: Ukázka přípravných funkcí

G00	Polohování rychloposuvem
G01	Pohyb lineární interpolace
G02	Kruhová interpolace po směru hodinových ručiček
G03	Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
G04	Prodleva
G 17 (G18)	Volba pracovní roviny XY (XZ) (YZ)
G33	Řezání závitu
G66	Zapichovací cyklus

8.1.4 Pomocné funkce M

Tyto funkce ovlivňují většinou technologii obrábění. Pro každý stroj existuje různé množství pomocných funkcí. Funkce M jsou umístěny na konci řádku a pro jeden blok může být naprogramována pouze jedna tato funkce. Norma ČSN udává M-funkce, které platí pro mnoho druhů strojů. Ukázku z normy nám ukazuje tabulka.

[1, 15]

Tabulka 7: Ukázka pomocných funkcí

M00	Nepodmíněný stop automatického cyklu
M01	Volitelné zastavení programu
M02	Konec programu
M03	Zapnutí vřetena ve směru hodinových ručiček
M04	Zapnutí vřetena proti směru hodinových ručiček
M05	Zastavení vřetena
M08	Zapnutí vnějšího chlazení
M09	Vypnutí vnějšího chlazení
M30	Konec programu a návrat na začátek

9 Návrh technologického postupu pro obrábění na CNC

Při klasickém soustružení jsme využili obrábění na soustruhu a vrtačce. Při použití dvouvřetenového CNC obráběcího centra můžeme obrobek ventilu zhotovit najednou. Ventil bude obráběn z polotovaru, který bude upnut do nově navrženého přípravku (viz. 4.1). Tímto způsobem ušetříme čas, který byl potřebný pro upnutí a práci na vrtačce.

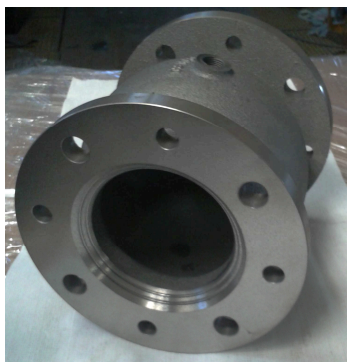
U ventilu bude nejprve obrobena jedna strana s axiálními dírami. Jako první krok programování je zadání polotovaru a výchozí bod nástrojů. Dále programujeme vnější $\varnothing 200$, soustružení čela, zkosení, zápichy a nakonec axiální díry, k jejichž vrtání využijeme poháněného nástroje. Na programování se použije vrtací cyklus.

Pro programování druhé strany je potřeba odevzdat obrobek druhému sklíčidlu. Programujeme stejně jako u první strany, přičemž nakonec přidáme vrtání radiální díry, k čemuž využijeme řízenou osu C stroje a poháněného nástroje, upnutého v nástrojové hlavě.

Přírubu obrábíme obdobným způsobem, přičemž axiální otvory zhotovíme až po obrobění druhé strany a nakonec vrtáme závity pomocí závitového cyklu.

Pro soustružení vnějšího průměru a čela volím vnější ubírací nůž firmy Pramet tools s. r. o PCLNR. Pro vnitřní díru a zápichy volím vnitřní ubírací nůž SVJBR od stejného výrobce. Jelikož obrábíme šedou litinu, musí vyměnitelné břitové destičky odpovídat skupině K, volím destičky s povlakem AlTiN. Pro axiální díry použijeme vrtáky $\varnothing 16$ a $\varnothing 18$ z tvrdokovu, u příruby závitník M12, a na radiální díru šroubový vrták s vnitřním chlazením a frézu na oplošení nálitku.

Následuje kontrola rozměrů a drsnosti. Hotové obrobky vidíme na obr. 21, 22.



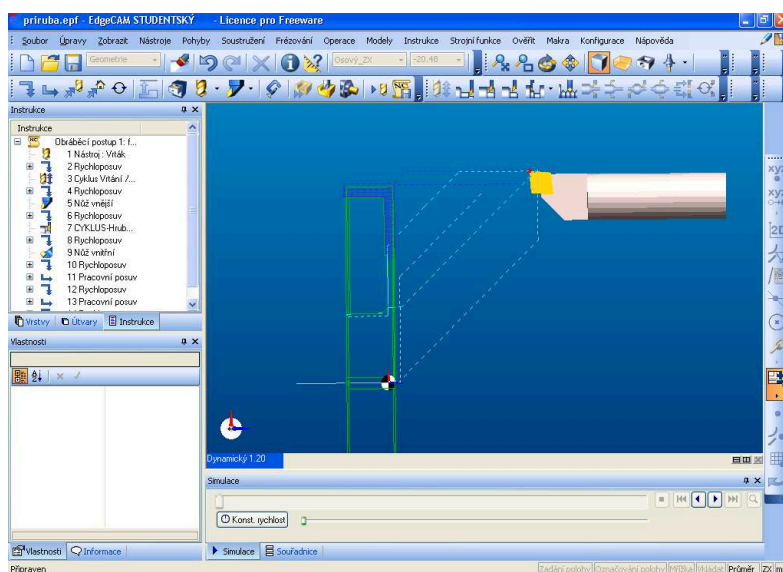
Obrázek 21: Obrobený ventil



Obrázek 22: Obrobená příruba

10 Programování CNC pomocí CAM systémů

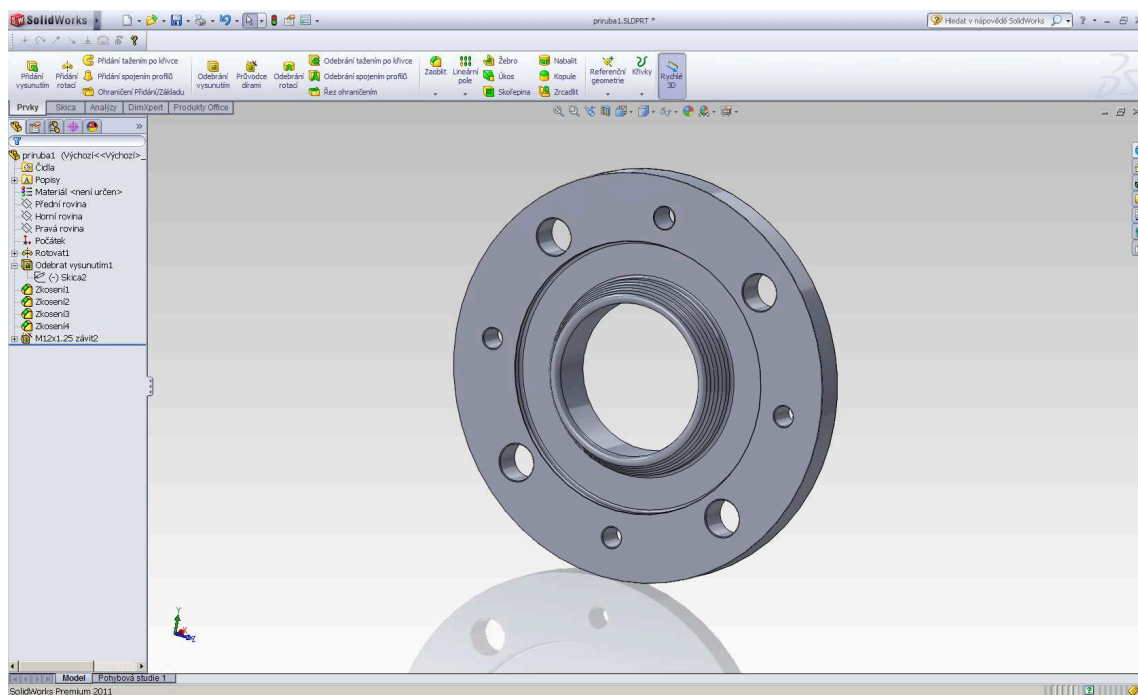
Použití CAM systémů realizuje vyšší stupeň počítačové podpory než klasické CNC programování. Použití těchto systémů je dnes hlavním podpůrným prostředkem pro programování CNC strojů. Zkratka CAM pochází z anglického Computer Aided Manufacturing, což překládáme jako počítačová podpora obrábění, tedy použití softwaru pro programování CNC strojů. Tento systém využívá návrhu z CAD softwaru a je schopen navrhnout dráhy nástroje tak, aby byla výroba co nejefektivnější (Obr. 23).



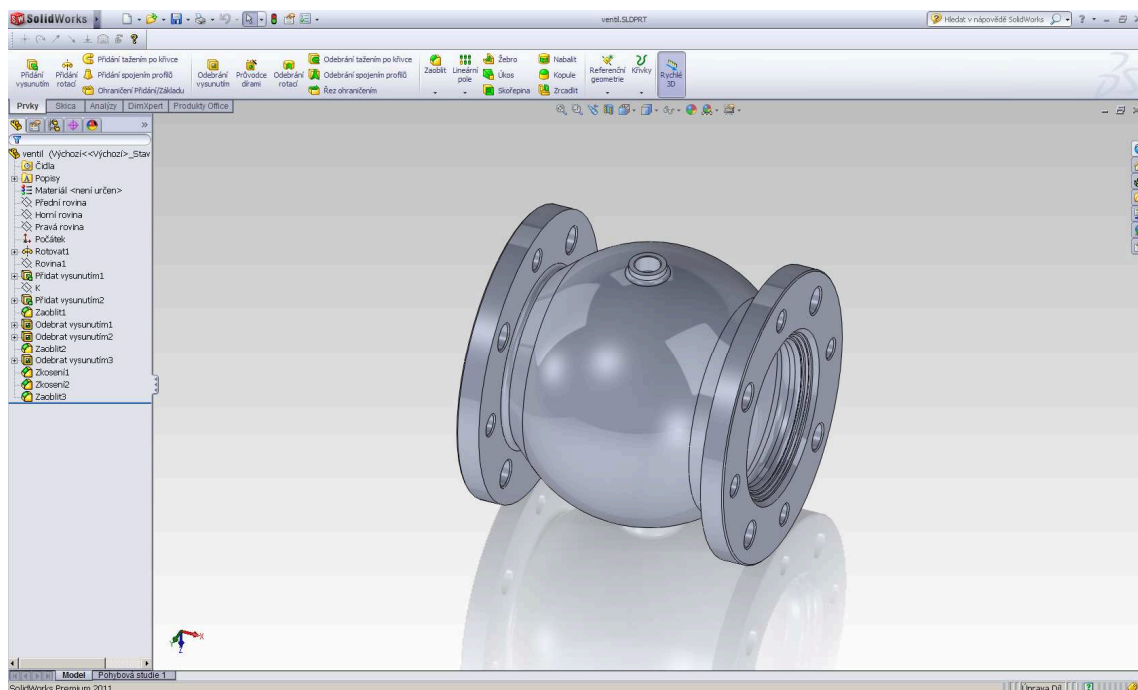
Obrázek 23: Generování drah nástroje (ukázka z EdgeCAMu)

CAM systém dokáže simulovat technologické operace při výrobě součástí. Simulace nám slouží jako ujištění se, že program je napsán bezpečně a správně. Upozorňuje nás např. na kolize nástroje s obrobkem. Po bezchybně proběhlé simulaci generuje CAM systém partprogram, který je sledem adres, popisujících obráběcí postup, zpracovávaný postprocesorem pro konkrétní obráběcí stroj.

CAD systémem, z anglického Computer Aided design, česky počítačově podporovaný návrh, rozumíme konstrukční návrh nové součásti a její následné zhotovení ve formě reálného modelu. Pro zpracování diplomové práce jsem jako CAD systém použila SolidWorks. Modely ventilu a příruby společně s prostředím SolidWorksu vidíme na následujících obrázcích (Obr. 24, 25).

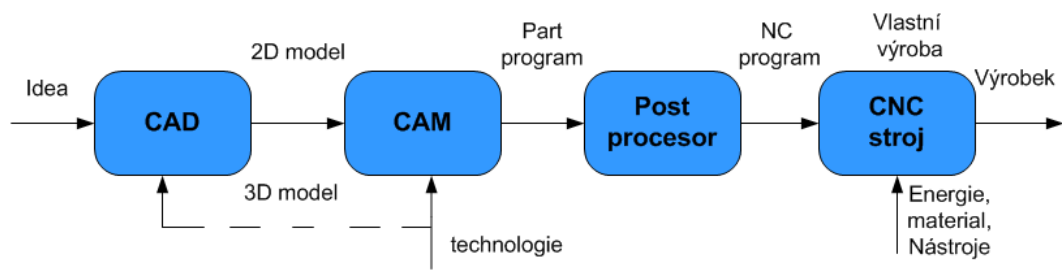


Obrázek 24: Model příruby v programu SolidWorks



Obrázek 25: Model ventilu v programu Solidworks

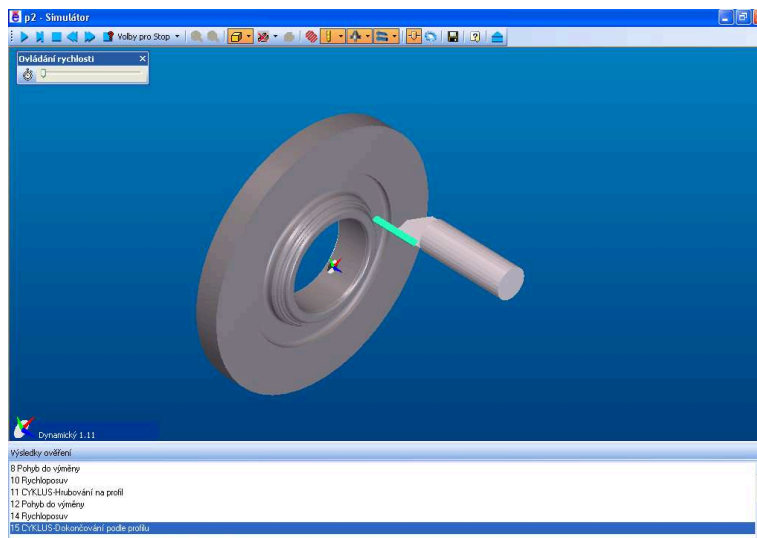
Můžeme tedy říci, že struktura výroby součásti pomocí CAD/CAM systémů je souhrn činností od návrhu výrobku, tedy myšlenky, až po jeho konečnou fázi výroby. Hierarchii výroby ukazuje obr. 26.



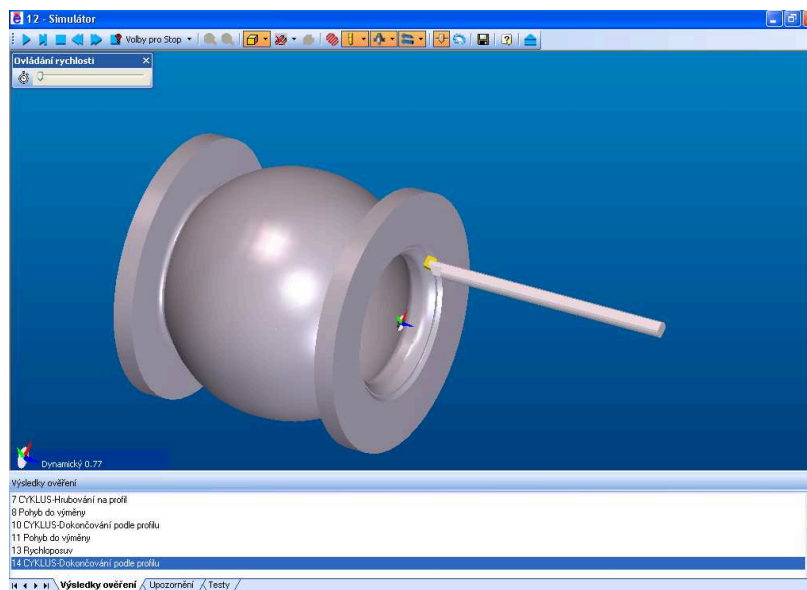
Obrázek 26: Hierarchie výroby součásti pomocí CAD/CAM systémů [20]

Hlavní uplatnění je v oblasti výroby forem, zápusťek a složitých součástek, tak i v běžné strojírenské výrobě.

Prostřednictvím CAM systému můžeme zvolit také automatické programování. Pro simulaci obrábění ventilu a příruby jsem použila studentskou verzi EdgeCAMu. Následující obrázky ukazují prostředí použitého softwaru a simulaci obrábění příruby (Obr. 27) a ventilu (Obr. 28).



Obrázek 27: Simulace obrábění příruby v EdgeCAMu



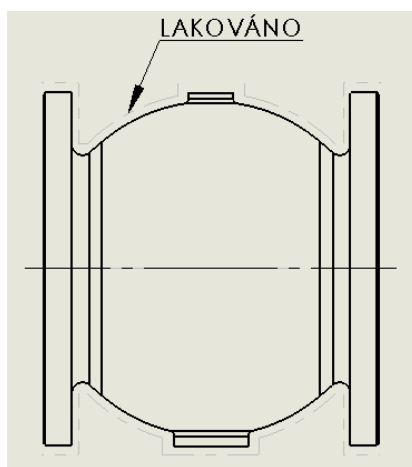
Obrázek 28: Simulace obrábění ventilu v EdgeCAMu

Pozn. Při použití studentské verze se mi nepodařilo nahrát polotovary ze Solidworksu, jsou tedy konstruovány přímo v CAM systému. Vzhledem ke složitosti ventilu, je ventil zobrazen bez nálitků, obrázky z EdgeCamu jsou tedy jen pro ukázkou.

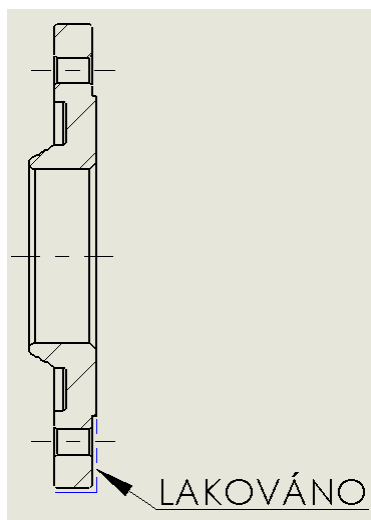
11 Konečná úprava obrobků a balení

Po obrobení do požadovaného tvaru následuje mechanické a chemické čištění obrobku, kdy je třeba obrobek zbavit nečistot a odstranit všechny látky a mastnoty, které by mohly zhoršovat přilnavost. Vrstva laku chrání obrobky před účinky koroze, ale působí taky estetickým dojmem, jelikož prodejní hodnota je závislá také na vzhledu. Konečná úprava je dána požadavky odběratele.

Plochy, určené k lakování ukazuje obr. 29 pro ventil a obr. 30 pro přírubu.



Obrázek 6: Označení lakovaných ploch ventilu



Obrázek 30: Označení lakovaných ploch příruby

Pro povrchovou úpravu použijeme barvu FEIDOLUX – základ Compact KG73, která se používá v oblasti všeobecného ocelářství, strojírenství a speciálně ve výrobě užitkových vozidel. Barva je na obrobek nanесena metodou stříkání.

Hotové ventily jsou zákazníkovi dodávány na paletách. Paletizace zaručuje hospodárnost tím, že jsou obrobky skládány do několika vrstev nad sebou, odděleny kartonem, a celý náklad je obalen ochrannou fólií proti vlhkosti a fixaci. Takto zabalený materiál (Obr. 30) je naložen do dodávek a rozvážen zákazníkovi. Příruby jsou skládány do ocelových beden, prokládány kartony.



Obrázek 30: Balení ventilu

12 Porovnání výroby z technologického a ekonomického hlediska

Každá firma se snaží zhotovit výrobky v požadované kvalitě za co možno nejnižší cenu. Z ekonomických důvodů probíhá tato výroba pro německého zákazníka v České republice. Podle výsledků práce bude rozhodnuto, zda bude výroba probíhat i nadále na klasických strojích, či bude výhodnější pořídit moderní stroje.

Produktivita a hospodárnost je ve výrobě ovlivňována mnoha faktory. Analýza technologických možností a vzájemných souvislostí jednotlivých prvků obráběcího systému umožňuje významně ovlivnit produktivitu a hospodárnost celého obráběcího procesu. [2]

Pro srovnání budeme potřebovat čas, potřebný ke zhotovení 1 kusu výrobku. Pro klasické stroje byl čas změřen při výrobě v normálním tempu dělníka (Tab. 8). Časy pro CNC obrábění jsou získány z CAM programu (Tab. 9). Časy jsou upraveny o hodnotu vedlejších časů jako např. čas na upnutí obrobku, odejmutí ze stroje a to podle praxe dělníka, který součásti obrábí. Pro klasické soustružení jsou časy získány součtem času práce na soustruhu s prací na vrtačce. U CNC je připočítán také čas, potřebný na předání obrobku do druhého vřetená.

Tabulka 8: Čas výroby jednoho kusu na klasických strojích

Práce na soustruhu	ventil	~7 min
	příruba	~6 min
Práce na vrtačce	ventil	~6 min
	příruba	~4 min
Celkem ventil	~13 min	
Celkem příruba	~10 min	

Z tabulky (Tab. 8) vyplývá, že za jednu hodinu se vyrobí asi 4 ventily a za téže dobu asi 6 přírub. V úvahu musíme brát ovšem i časy, potřebné pro dovoz polotovarů na místo zpracování, výměny nástrojů či obecně nutné přestávky. Za jednu směnu, trvající 7,5 hodiny se tedy v průměru obrobí 30 ventilů. Za tutéž dobu se zpracuje asi 44 přírub.

Tabulka 9: Čas výroby jednoho kusu na CNC

Obrobení ventilu	~6 min
Obrobení příruby	~4,5min

Při použití CNC stroje se obrobí za hodinu asi 9 ventilů a za stejnou dobu asi 13 přírub. Za směnu je to asi 67 ventilů a za tutéž dobu asi 96 přírub.

Následující tabulka (Tab. 10) ukazuje porovnání vypočteného množství výrobků za rok 2012, který má 252 pracovních dní. Produkce CNC stroje je pro stejný počet obsluhy dvojnásobná.

Tabulka 10: Roční produkce ventilu a příruby

		Výroba na konvenčních strojích	Výroba na CNC stroji
Počet obrobených kusů za rok(v případě, že se obrábí jeden typ součásti)	Ventil	~7 560 ks	~16 884 ks
	Příruba	~11 088 ks	~24 192 ks

Při srovnání ovšem musíme brát v úvahu náklady na provoz stroje. U CNC soustruhů je cena hodinového provozu asi 900Kč, pro provoz klasického soustruhu je to asi 400Kč a u vrtačky asi 200Kč. Musíme zohlednit i obsluhu stroje, kdy v případě použití vrtačky za současného chodu soustruhu potřebujeme více pracovníků, pro CNC stroj stačí jeden pracovník, který může obsluhovat i více strojů.

Z výše uvedených hodnot spočteme náklady na výrobu jednoho kusu pro obě varianty výroby. Budu tedy dělit hodinové náklady počtem vyrobených kusů za hodinu. Bude se jednat čistě o náklady na provoz stroje. U klasického soustružení bereme v úvahu, že oba stroje bude obsluhovat jeden pracovník.

Pokud ventil obrobím za 7 minut, je náklad na jeho výrobu asi 46Kč. Další práce na vrtačce, která trvá 6 minut, vyjde firmu na 20 Kč. Celkové náklady na obrobení ventilu jsou tedy asi 66Kč.

Obrobení příruby na soustruhu nám trvá asi 6 minut, náklad bude tedy ve výši asi 40 Kč. Pro práci na vrtačce, která trvá asi 4 minuty, to bude 13 Kč. Obrobení 1 ks příruby firmu stojí tedy asi 53 Kč.

Náklady na obrobení 1 ks ventilu na CNC jsou asi 90 Kč, na obrobení 1 ks příruby asi 68 Kč. Srovnání ukazuje tabulka 11.

Tabulka 11: Srovnání nákladů na obrobení 1 kusu

	Konvenční stroje	CNC stroj
Ventil	66 Kč	90 Kč
Příruba	53 Kč	68 Kč

Z tabulky jasně vyplývá, že náklady na obrábění na CNC jsou vyšší. Ovšem musíme přihlídnout k množství obrobků za danou dobu.

Pro jeden ventil je potřeba obrobít dvojnásobný počet přírub. Pokud dostane firma zakázku na 100 ventilů, znamená to tedy, že musí obrobít 200 přírub. Pomocí klasických strojů s jedním pracovníkem se vyrobí 100 ventilů asi za 25 pracovních hodin a 200 ventilů za 33 hodin. Součtem získáme čas potřebný na zplnění zakázky, tedy 58 hodin.

Při použití CNC techniky se stejný počet ventilů obrobí za 11 hodin a k nim dvojnásobný počet přírub za 15 pracovních hodin. Celkem tedy 26 hodin.

Můžeme tedy říct, že použití CNC techniky je dvojnásobně rychlejší než konvenční obrábění. To znamená, že za čas, za který se zpracuje jedna zakázka na konvenčním stroji, je možno zpracovat dvě zakázky s použitím CNC.

13 Závěr

V diplomové práci jsem se zabývala možnostmi výroby příruby a ventilu. Jedná se o obrábění odlitků, které dále putují k montáži k jinému zákazníkovi. V současné době se tyto součásti zpracovávají na konvenčních strojích, do budoucna se ale uvažuje o koupi CNC obráběcí techniky.

Pořízení CNC stroje je výhodné z hlediska úspory času. Pro zadané součásti se ukázalo použití těchto strojů jako dvakrát rychlejší než konvenční technika, a to především z důvodu úspory neproduktivních vedlejších časů. Hospodárnost obrábění je důležitá, jelikož obrábění se na pracnosti výroby strojírenských součástí podílí přibližně jednou třetinou. CNC se vyznačují vyšší přesností, nižší zmetkovitostí a zmenšuje se i náročnost obsluhy. Oproti klasickému stroji je výhodné i z hlediska možnosti obrábění složitých součástí, které na konvenčním stroji neobrobím. Nevýhodou jsou ovšem vysoké pořizovací náklady, kdy cena nového stroje se pohybuje v rozmezí 3-5mil. Kč, ve srovnání s cenou staršího konvenčního stroje, který lze koupit i do 100 tis. Kč. Také investiční a servisní náklady na CNC jsou vyšší. Výroba 1 ks ventilu na CNC se ukázala o 24 Kč dražší, než s použitím konvenční techniky. Pro přírubu je to asi 15 Kč. Ovšem musíme vzít v úvahu možnost použití stroje i pro výrobu jiných součástí, možnost práce na více směn a tím rychlejší vrácení investice. Koupě takto nákladného stroje se především vyplatí u velkosériové výroby.

Cílem práce bylo navrhnout technologické postupy výroby jak pro konvenční stroje, tak pro CNC techniku. Postup výroby pro klasické stroje je zpracován vzhledem k technickému vybavení firmy, a je doplněn o více možností postupu. Pro CNC obrábění je nastíněna tvorba NC kódu pro programování těchto strojů, možnost postupu výroby, a samotné obrábění je zpracováno pomocí CAM systému.

Prací stavím proti sobě klasické, v dnešní době již zastaralé stroje oproti moderní počítačem řízené technice. Na této práci je jasně vidět, jak vývoj technologie obrábění postoupil kupředu.

14 Seznam použité literatury

- [1] FRISCHHERZ, Adolf; PIEGLER, Herbert. *Technologie zpracování kovů 2*. Praha: SNTL, 2001, 280 s. ISBN 80-902655-1-0
- [2] KOCMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005, 270 s. ISBN 80-214-1996-2
- [3] HLUCHÝ, Miroslav; HANĚK, Václav. *Strojírenská technologie 2*. Praha: Scientia, spol s. r. o., 1998, 176 s. ISBN 80-7183-127-1
- [4] FRISCHHERZ, Adolf; SKOP, Paul. *Technologie zpracování kovů 1*. Praha: SNTL, 1996. 268 s. ISBN 80-902110-0-3
- [5] ŘASA, Jaroslav; POKORNÝ, Přemysl; GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, spol s. r. o., 2001, 221 s. ISBN 80-7183-227-8
- [6] KOŘENÝ, Rudolf. *Výrobní postupy odlitků*. Ostrava: VŠB-TUO, Moravské tisk. závody, 1989, 166 s.
- [7] BRYCHTA, JOSEF. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: VŠB-TUO, 2003, 150 s. ISBN 80-248-0237-6
- [8] WAGNER, F a kol. *Technika programování NC strojů*. Praha: Wahlberg, 1994. ISBN 80-901-657-5-3
- [9] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 1991. 184 s.
- [10] PÍŠEK, František; PLEŠINGER, Adolf. *Slévárenství 1*. Praha: SNTL, 1974. 499 s. ISBN 80-902655-1-0
- [11] KOVOSVIT MAS, a. s, *catalog online*. c. 2009, Dostupné na www: URL: <http://www.kovosvit.cz/cz/sp-280/>
- [12] KUCHAR, Dušan. *Rotační nástrojové systémy*. MM Průmyslové spektrum. 2011/9. Dostupné na www: URL: <http://www.mmspektrum.com/clanek/rotacni-nastrojove-systemy.html>
- [13] POLZER, Aleš; CIHLÁŘOVÁ Petra. *CNC programování*. BRNO: VUT BRNO, FSI. Dostupné na www: URL: <http://cadcam.fme.vutbr.cz/sinutrain/Cv12.pdf>
- [14] CHUDOBA, Milan. *Základy programování a obsluha CNC strojů*. JIHLAVA: STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA, 44 s.
- [15] TKÁČOVÁ, Alena. *Programování CNC strojů se systémem fanuc-bakalářská práce*. BRNO: VUT-BRNO, FSI, 2009. 34 s.

- [16] OPLATEK, F. *Číslicové řízení obráběcích strojů*. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, ISBN 80-7200-294-5
- [17] ŠTULPA, Miloslav. *Obráběcí stroje a jejich programování*. PRAHA: nakladatelství BEN, 2008, 125 s. ISBN 978-80-7300-207-7
- [18] MAREK, Jiří; UČEŇ, Oldřich. *CNC obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 108 s. ISBN 978-80-248-2329-4
- [19] HUMÁR, Antonín. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno: MM Publishing Praha, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-5.
- [20] SADÍLEK, Marek. *Počítačová podpora výroby*. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2011. 80 s.

15 Seznam příloh

Příloha A - výkres č. 001 VENTIL

Příloha B - výkres č. 002 PŘÍRUBA

Příloha C – výkres č. 003 PŘÍPRAVEK NA UPÍNÁNÍ